

Den nye R4000-CPU fra MIPS

R4000 - teknik

R4000 er det nyeste skud på RISC CPU-stammen fra MIPS Technologies. Den er en videreudvikling af R3000 men byder på en række interessante nyskabelser.

Ikke overraskende er det væsentlige mål med R4000 at opnå en betydelig hastighedsforøgelse. Dette er opnået dels ved en forbedret pipeline-teknik, dels ved en mere avanceret udnyttelse af cache-teknologien.

R4000 pipeline

Pipelinen i en R3000 er vist i figur 1. En R3000 kører typisk med en clock-frekvens på 25 eller 33 MHz. Det betyder, at hvert trin i pipelinen tager 30-40 ns. I R4000 kommer man typisk op på en ekstern clock-frekvens på 50 MHz. Denne frekvens fordobles imidlertid internt i chippen, således at processoren internt kører med en clock-frekvens på 100 MHz, hvilket betyder, at hvert trin i pipelinen tager 10 ns.

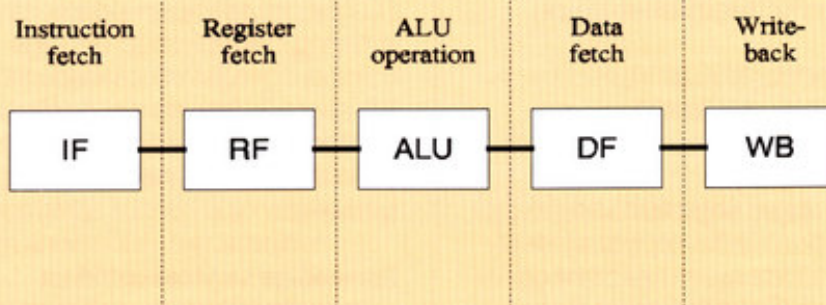
Hvorledes får man en CPU til at arbejde med så høj en frekvens? For at opnå dette er man nødt til at lave ændringer i pipelinen. Det er især trinene *Instruction Fetch* og *Data Fetch* der er tidskritiske.

R4000 benytter en såkaldt »super-pipeline«, som vises på figur 2. Det ses her, at *Instruction Fetch* og *Data Fetch* nu fylder to trin i pipelinen. Hermed undgås de tidskriske problemer, uden at parallelliteten går fløjten.

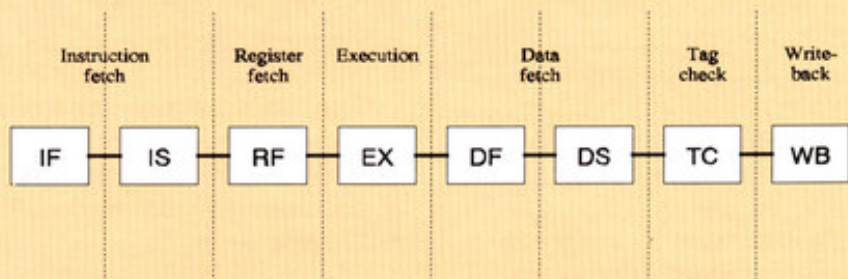
Som det ses har R4000's pipeline altså 8 trin. Der er med andre ord op til 8 instruktioner under udførelse samtidig, se figur 3. Dette giver en høj grad af parallellitet og udnytter den høje interne clock-frekvens.

Den 21. september sidste år lancerede DDE en ny RISC CPU til Supermax-serien. Den er baseret på R4000-CPU'en fra MIPS Technologies.

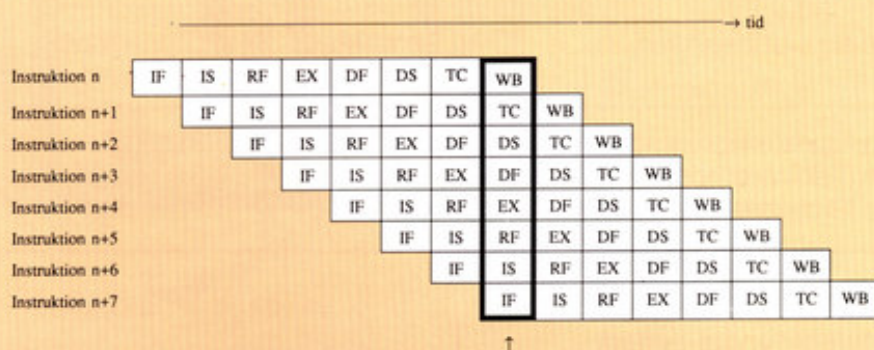
Jeg vil her gennemgå nogle af de interessante karakteristika ved R4000 i forhold til dens forgænger, R3000, og jeg vil give en kort beskrivelse af anvendelsen af R4000 i Supermax.



Figur 1. Pipelinen i en R3000-processor består af 5 trin. Det giver mulighed for at op til 5 instruktioner udføres samtidig. Hvert enkelt trin varer 30-40 ns.



Figur 2. Pipelinen i en R4000-processor består af 8 trin. Det giver mulighed for at op til 8 instruktioner udføres samtidig. Hvert enkelt trin varer 10 ns.



Figur 3. Denne figur illustrerer, hvorledes 8 instruktioner er under udførelse samtidig i R4000's superpipeline. På det med pilen angivne tidspunkt er instruktion nr. n i gang med WB-trinet og er altså næsten færdig, medens instruktion nr. n + 7 lige er begyndt og kun er nået til IF-trinet.

R4000 cache

En anden vigtig faktor i bestræbelserne på at opnå en høj ydelse er en fornuftig udnyttelse af lager-cachen. I den udgave af R4000, som benyttes i Supermax, og som har betegnelsen R4000SC (SC = Secondary Cache), er processoren udstyret med to cacher: En intern og en ekstern.

Den interne cache er på 8 KByte til instruktioner og 8 KByte til data. Den kan tilgås med en imponerende båndbredde: 1,6 GByte/sec!

Størrelse af den eksterne cache ligger mellem 128 KByte og 4 MByte (Supermax benytter 1 MByte), som er fælles for instruktioner og data. Den kan tilgås med en båndbredde på 400 MByte/sec, altså en fjerdedel af båndbredden til den interne cache. Den høje båndbredde opnås bl.a. ved at gøre cachen meget bred: 128 bit plus fejlkorrektionsbit plus tag-bit, i alt 176 bit.

Hovedlageret kan tilgås med en båndbredde på 100 MByte/sec, hvilket igen er en fjerdedel af båndbredden til den eksterne cache.

En god udnyttelse af cachen er betinget af en fornuftig politik for transporter mellem cache og hovedlager. I R3000 bliver cacheindholdet altid overført til hovedlageret, når CPU'en laver en skriveoperation; men i R4000 overføres cacheindholdet først, når den pågældende cache-linje skal frigives. Herved spares utallige overførsler til hovedlageret.

Andre egenskaber

R4000 er en 64 bits processor i modsætning til R3000, der er på 32 bit. Imidlertid er R4000 bagudkompatibel, således at den kan benytte en 32 bits mode, der muliggør eksekvering af R3000-programmer på R4000-CPU'en. DDE har valgt altid at køre R4000 i 32 bits mode.

R4000 indeholder en flydende co-processor. I R3000-systemer sad den flydende processor i en chip for sig.

En snedig facilitet, der gør livet let for hardware-designere, er R4000's evne til dynamisk at justere stige- og faldtiden på dens signaler, hvilket reducerer støjproblemer på printkort.

Ikke overraskende er R4000 rent fysisk en imponerende Karl. Ikke mindre end 447 ben stritter ud fra chippen, og når den kører, har den et effektforbrug på 15 Watt.

R4000-politik

Som noget helt specielt for MIPS-processorerne findes der hele seks leverandører af disse. MIPS Technologies giver licens-retigheder til en række halvlederfabrikanter til at kunne producere processorerne. Heriblandt Siemens, NEC og Toshiba.

Sidste år blev MIPS Computer Systems købt af Silicon Graphics. Det gav anledning til en del spekulationer angående fremtiden for MIPS' processorer, men udviklingen har heldigvis vist, at frygten var ubegrundet. For det første oprettede Silicon Graphics et separat firma ved navn MIPS Technologies, der skal videreføre udviklingen af MIPS' teknologi. For det andet har Silicon Graphics indbudt en række af sine største samarbejdspartnere til et såkaldt Advisory Board. Samarbejdspartnere tæller bl.a. store firmaer som Microsoft, Pyramid og Tandem, samt MIPS halvleder-fabrikanter som Siemens, NEC og Toshiba. Formålet med dette Advisory Board er at rådgive MIPS Technologies med hensyn til den fremtidige udvikling af MIPS-processorer.

En lang række computerproducenter baserer sig på MIPS-processorer. Det gælder bl.a. Siemens/Nixdorf, Pyramid, Sony, Tandem, Olivetti og naturligvis DDE.

En 'ny' og kraftigere Supermax

Man har i et par år kunnet få Supermax computere baseret på MIPS' R3000 CPU. Vi har nu introduceret R4000-teknologien på Supermax, hvilket har øget eksekveringshastigheden af CPU-bundne programmer til ca. det tre-dobbelte.

DDE's formand har rundet de 70

DDE's bestyrelsesformand, landretssagfører Erik Christoffersen, kunne i januar fejre sin halvfjerds års fødselsdag. Mange forretningsforbindelser og venner mødte op til reception hos DDE.

Her gratulerer ordførende direktør i Den Danske Bank Knud Sørensen fødselsaren. I midten DDE's adm.dir. Claus Erik Christoffersen.

Foto: Klaus Møller



Hertil kommer, at Supermax stadig er en multi-processor-maskine. Faktisk er Supermax verdens første multi-CPU-computer, der er baseret på R4000-processorer. Muligheden for at udbygge computere med flere CPU'er giver et meget fleksibelt system med god skalérbarhed.

DDE vil dog også fortsat levere R3000-baserede computere. Der er binær kompatibilitet imellem de to typer.

Af Claus Tøndering